

D E C L A R A T I O N

I, Robert C. Ferber, declare that I am well qualified as a translator of German to English and that I have carefully reviewed the attached English language translation from the original document,

EINLAUFBELAG FÜR GASTURBINEN SOWIE VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG  
DESSELBEN

(Run-In Coating for Gas Turbines and Method for Producing Same)

which is German Laid-Open Document **DE 103 37 094 A1** 2005.03.03,

written in German; and that the attached translation is an accurate English version of such original to the best of my knowledge and belief.

I certify under penalty of perjury that the foregoing is true and correct.

Date 10/15/2009

Signature Robert C. Ferber  
Name ROBERT C. FERBER

RUN-IN COATING FOR GAS TURBINES AND METHOD FOR PRODUCING SAME

Abstract

The present invention relates to a run-in coating for gas turbines.

The run-in coating is used for sealing a radial gap between a  
5 housing (11) of the gas turbine and rotating rotor blades (10)  
of same, run-in coating (13) being applied onto the housing  
(11).

According to the present invention, the run-in coating (13) is  
made of an intermetallic titanium-aluminum material. (Figure 1)

## Description

[0001] The present invention relates to a run-in coating for gas turbines according to the definition of the species in Claim 1. In addition, the present invention relates to a  
5 method for producing a run-in coating according to the definition of the species in Claim 9.

## Background Information

[0002] Gas turbines, such as, for instance, aircraft engines, include, as a rule, a plurality of rotating rotor blades as  
10 well as a plurality of stationary stator blades, the rotor blades rotating together with a rotor, and the rotor blades as well as the stator blades being enclosed by a fixed housing of the gas turbine. It is meaningful to optimize all components and subsystems when it comes to improving the performance of  
15 an aircraft engine. Among those are also the so-called sealing systems aircraft engines. In aircraft engines, a particular problem is keeping a minimum gap between the rotating rotor blades and the stationary housing of a high pressure compressor. For, the highest absolute temperatures and  
20 temperature gradients occur in high pressure compressors, and this makes maintaining the gap of the rotating rotor blades from the stationary housing of the compressor more difficult. Among other things, this is also because in the case of compressor rotor blades shrouds as are used in turbines are  
25 omitted.

[0003] As was mentioned before, rotor blades in a compressor have no shrouds available to them. Therefore, ends, or rather tips of the rotating rotor blades are exposed to a direct frictional contact with the housing in the case of so-called  
30 brushing against the stationary housing. Such a brushing of the tips of the rotor blades against the housing is brought about by the setting of a minimum radial gap by manufacturing

tolerances. Since, on account of the frictional contact of the tips of the rotating rotor blades to the housing, material is eroded, it is possible for an undesired gap enlargement to set in over the entire circumference of housing and rotor. In

5 order to avoid this, it is known from the related art that one may fortify the ends or tips of the rotating rotor blades with a hard coating or with abrasive particles.

[0004] Another possibility of avoiding the wear at the tips of the rotating rotor blades and of assuring an optimized sealing  
10 between the ends or tips of the rotating rotor blades and the stationary housing is to coat the housing with a so-called run-in coating. In material removal on a run-in coating, the radial gap is not enlarged over the entire circumference, but only in the shape of a sickle, as a rule. This avoids a drop  
15 in performance of the engine. Housings having a run-in coating are known from the related art.

#### Problem Definition

[0005] Using this as a starting point, the present invention  
is based on the object of creating a new type of run-in  
20 coating for gas turbines.

[0006] This object is attained in that the run-in coating mentioned at the outset is refined by the features of the characterizing part of Claim 1.

[0007] The run-in coating according to the present invention  
25 for gas turbines is used for sealing a radial gap between a stationary housing of the gas turbine and rotating rotor blades of the same. The run-in coating is applied to the housing. According to the present invention, the run-in coating is produced from an intermetallic titanium-aluminum  
30 material.

[0008] According to one advantageous embodiment of the present

invention, the run-in coating made of the titanium-aluminum material has a graduated or graded material composition and/or porosity. Particularly advantageous is an embodiment in which the run-in coating is developed to be less porous, at an inner region lying directly adjacent to the housing and at an outer region lying directly adjacent to the rotor blades, than between these two regions. Therefore, the run-in coating is developed to be denser and harder at the inner region lying directly adjacent to the housing, and at the outer region lying directly adjacent to the rotor blades. The inner region lying directly adjacent to the housing is used, in this context, to promote adhesion promotion; the outer region lying directly adjacent to the rotor blades is used to make available erosion protection.

[0009] The method according to the present invention for producing a run-in coating is specified in independent Claim 9.

[0010] Preferred further developments of the present invention are revealed by the dependent subclaims and the following description.

#### Exemplary Embodiment

[0011] Exemplary embodiments of the present invention are explained in detail below, in light of the drawings without being limited to it. The figures show:

[0012] Figure 1: a greatly schematic representation of a rotor blade of a gas turbine together with a housing of the gas turbine and having a run-in coating situated on the housing.

[0013] In a greatly schematic manner, Figure 1 shows a rotating rotor blade 10 of a gas turbine, which rotates with respect to a stationary housing 11 in the direction of arrow 12. A run-in coating 13 is situated on housing 11. Run-in coating 13 is

used to seal a radial gap between a tip or an end 14 of rotating rotor blade 10 and stationary housing 11. The demands made on such a run-in coating are very complex. Thus, for instance, the run-in coating has to have optimized abrasive characteristics, that is, good chip formation and removability of the abraded material must be ensured. Furthermore, there must not be any material transfer to rotating rotor blades 10. Run-in coating 13 must also have low frictional resistance. Moreover, run-in coating 13 must not ignite when rotating rotor blade 10 brushes against it. As additional demands made on run-in coating 13 we cite erosion resistance, temperature stability, resistance to heat change, corrosion resistance with respect to lubricants and sea water, for example.

Figure 1 makes clear that, conditioned by centrifugal forces occurring during the operation of the gas turbine and the heating of the gas turbine, ends 14 of rotor blades 10 come into contact with run-in coating 13, and thus abraded material 15 is set free. This pulverized abraded material 15 must not cause any damage on rotating rotor blades 10.

[0014] Housing 11, shown schematically in Figure 1, is the housing of a high pressure compressor, according to the preferred exemplary embodiment. Such housings of high pressure compressors are increasingly made up of intermetallic materials of the type TiAl or Ti<sub>3</sub>Al. Such intermetallic titanium-aluminum materials have a low density and are superior to the usual titanium alloys, with respect to their temperature stability.

[0015] Now, it is within the meaning of the present invention to apply a run-in coating 13, also made of an intermetallic titanium-aluminum material, onto a housing 11 that is made of an intermetallic titanium-aluminum material. We should point out that such a run-in coating, made of an intermetallic titanium-aluminum material, may also be applied to a housing

that is made of a usual titanium alloy.

[0016] Within the meaning of the present invention, run-in coating 13, made of the intermetallic titanium-aluminum material, has a stepped material composition and/or porosity, that is, one which changes in a stepwise manner, or it has a graded material composition and/or porosity, that is, one which changes in an almost stepless manner. The properties of run-in coating 13 may be adapted to the specific demands made on it by the selective setting of the material composition and/or the porosity.

[0017 According to one preferred refinement of run-in coating 13 according to the present invention, it has a low porosity in an inner region 16 that is directly adjacent to housing 11, and also in an outer region 17 that is directly adjacent to rotor blades 10. Between this inner region 16 and this outer region 17, on the other hand, the porosity of the run-in coating is increased. Inner region 16 of run-in coating 13, which is directly adjacent to housing 11, is used to promote adhesion between run-in coating 13 and housing 11. Outer region 17 of run-in coating 13, which is directly adjacent to rotor blades 10, forms an erosion protection. However, depending on the demands made on run-in coating 13, this erosion protection may also be omitted.

[0018] The ratio of titanium to aluminum within run-in coating 13, that is made of the intermetallic titanium-aluminum material, is preferably approximately constant. This means that, in this case, exclusively the porosity of run-in coating 13 is made in stepped or graded fashion for influencing the hardness and rigidity.

[0019] It is also imaginable, however, that the ratio of titanium to aluminum within run-in coating 13 might be made in stepped or graded fashion. In this case, more titanium is

preferably contained in the inner region 16 in run-in coating 13 that is directly adjacent to housing 11 than in outer region 17 of run-in coating 13.

- 5 This means that in outer region 17 of run-in coating 13 more aluminum is contained than in inner region 16 of same, which borders on housing 11.

[0020] The use of a run-in coating made of an intermetallic titanium-aluminum material on a housing which is also made of  
10 an intermetallic titanium-aluminum material, or of a titanium alloy, has the advantage that the fastening of the run-in coating to the housing takes place via chemical bonding, and thereby the fastening is more secure and durable than is the case with run-in coatings according to the related art.  
15 Furthermore, between a run-in coating and a housing that have the same basic composition, no high temperature diffusion between the housing and the run-in coating will take place. Moreover, there will be no thermal expansion problems, since the housing and the run-in coating uniformly expand or  
20 contract in response to temperature increase or temperature decrease. It is because of this that a uniform maintaining of the gap and a higher service life of the run-in coating can be achieved. A run-in coating developed according to the present invention also has a high resistance to oxidation, as well as  
25 a high stability to temperature change. The blade tips of the rotating rotor blades are submitted to only a minimal blade tip abrasion.

[0021] It is within the meaning of the present invention to produce run-in coating 13 according to the present invention  
30 in such a way that run-in coating 13 is made available in the form of a slip material, and is applied to housing 11 with the aid of slip technology. Such a slip material based on an



intermetallic titanium-aluminum material is preferably applied onto housing 11 by brushing, dipping or spraying. This preferably takes place in several steps or rather layers, so that a multi-layer run-in coating 13 develops.

5 [0022] In order to set the desired porosity in the respective layers, additive substances are intercalated in the slip material. After the application of the slip material, hardening or baking of the slip material takes place onto housing 11. During baking, the additives added to the slip  
10 material evaporate, and because of this the pores inside run-in coating 13 remain behind. On account of the number and type of the added additive substances, one may set the number and the size of the pores.

[0023] Alternatively, run-in coating 13 may also be produced  
15 by applying it with the aid of a directed vapor jet. Such a directed vapor jet may be generated with the aid of a PVD method (physical vapor deposition) or a CVD method (chemical  
vapor deposition). Shortly before the impinging of the directed vapor jet that is based on an intermetallic titanium-  
20 aluminum material, at least one additive is fed in or incorporated into the vapor jet, these additives being vaporized again during the subsequent baking, and in the process leaving behind pores within the layer or each layer of run-in coating 13.

25 [0024] In the case of the additives for setting the porosity, so-called microballs, that is, tiny filled or hollow plastic beads, polystyrene beads or other materials may be involved which vaporize during the baking of the intermetallic titanium-aluminum material.

30 [0025] The run-in coating according to the present invention may be produced especially favorably both with the aid of slip technique and PVD or CVD technique.

## List of reference numerals

- 10 rotor blade
- 11 housing
- 12 arrow
- 5 13 run-in coating
- 14 end
- 15 abraded material
- 16 region
- 17 region

What Is Claimed Is:

1. A run-in coating for gas turbines, for sealing a radial gap between a housing (11) of the gas turbine and rotating rotor blades (10) of same, run-in coating (13) being applied to the housing (11), wherein the run-in coating (13) is produced from an intermetallic titanium-aluminum material.
2. The run-in coating as recited in Claim 1, wherein the run-in coating (13) made of the titanium-aluminum material has a stepped and/or a graded material composition and/or porosity.
3. The run-in coating as recited in Claim 1 or 2, wherein the run-in coating (13) made of the titanium-aluminum material is developed to be less porous at a region facing the housing (11) than at a region facing the rotating rotor blades (10).
4. The run-in coating as recited in one or more of Claims 1 through 3, wherein the run-in coating (13) is developed to be less porous, at an inner region lying directly adjacent to the housing (11) and at an outer region lying directly adjacent to the rotor blades (10), than between these two regions.
5. The run-in coating as recited in one or more of Claims 1 through 4, wherein the ratio of titanium to aluminum within the run-in coating (13) is approximately constant, exclusively the porosity for setting a density and/or hardness and/or rigidity of the same being stepped or graded.
6. The run-in coating as recited in one or more of Claims 1 through 4,

wherein the ratio of titanium to aluminum within the run-in coating (13) is also stepped or graded, the run-in coating (13) containing more aluminum at a region facing the rotating rotor blades (10) than at a region facing the housing (11).

7. The run-in coating as recited in one or more of Claims 1 through 6,  
wherein the run-in coating (13) made of the titanium-aluminum material is applied onto a housing (11) made of an intermetallic titanium-aluminum material.
8. The run-in coating as recited in Claim 7,  
wherein the run-in coating (13) made of the titanium-aluminum material is directly applied onto the housing (11) made of titanium-aluminum material.
9. A method for producing a run-in coating for gas turbines, for sealing a radial gap between a housing (11) of the gas turbine and rotating rotor blades (10) of same, the run-in coating (13) being applied onto the housing (11) using the following steps:
  - a) providing a housing (11),
  - b) applying the run-in coating (13) made of an intermetallic titanium-aluminum material onto the housing.
10. The method as recited in Claim 9,  
wherein the run-in coating (13) made of the titanium-aluminum material is applied in such a way that it has a stepped or a graded material composition and/or porosity.
11. The method as recited in Claim 9 or 10,  
wherein the run-in coating (13) made of the titanium-aluminum material is applied in such a way that it is developed to be less porous at a region facing the

housing (11) than at a region facing the rotating rotor blades (10).

12. The method as recited in one or more of Claims 9 through 11,  
wherein the run-in coating (13) made of the titanium-aluminum material is applied onto a housing (11) made of an intermetallic titanium-aluminum material.
13. The method as recited in one or more of Claims 9 through 12,  
wherein in connection with step b), the run-in coating (13) is applied onto the housing (11) in such a way that, for this purpose, at least one layer of a titanium-aluminum slip material is applied onto the housing (11), subsequently, the layer or each layer of the titanium-aluminum slip material being hardened by baking.
14. The method as recited in Claim 13,  
wherein additives are intercalated into the layer or each layer of the titanium-aluminum slip material, these additives being evaporated during baking, and leaving behind the pores within the layer or each layer of the run-in coating (13), in this context.
15. The method as recited in Claim 13 or 14,  
wherein the layer or each layer of the titanium-aluminum slip material is applied by brushing, dipping or spraying.
16. The method as recited in one or more of Claims 9 through 12,  
wherein in connection with step b), the run-in coating (13) is applied onto the housing (11) in such a way that, for this purpose, at least one titanium-aluminum layer is applied with the aid of a directed vapor jet, especially

a PVD jet, onto the housing (11), subsequently, the layer or each layer of the vapor jet being hardened by baking.

17. The method as recited in Claim 16, wherein shortly before the impinging of the directed titanium-aluminum vapor jet, additives are fed into the titanium-aluminum vapor jet, these additives being evaporated during baking, and leaving behind the pores within the layer or each layer of the run-in coating (13), in this context.

Following is one page of drawings



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 103 37 094 A1 2005.03.03

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 103 37 094.3  
(22) Anmeldetag: 12.08.2003  
(43) Offenlegungstag: 03.03.2005

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: F01D 11/12

(71) Anmelder:  
MTU Aero Engines GmbH, 80995 München, DE

(72) Erfinder:  
Bayer, Erwin, Dr., 85221 Dachau, DE; Smarsly,  
Wilfried, Dr., 81669 München, DE

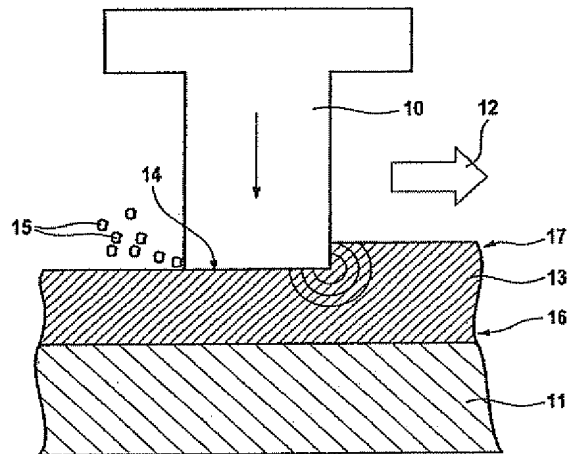
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: Einlaufbelag für Gasturbinen sowie Verfahren zur Herstellung desselben

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Einlaufbelag für Gasturbinen.

Der Einlaufbelag dient der Abdichtung eines radialen Spalts zwischen einem Gehäuse (11) der Gasturbine und rotierenden Laufschaufeln (10) derselben, wobei der Einlaufbelag (13) auf dem Gehäuse angebracht ist.

Erfindungsgemäß ist der Einlaufbelag (13) aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff hergestellt (Fig. 1).



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Einlaufbelag für Gasturbinen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Einlaufbelags gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 9.

## Stand der Technik

**[0002]** Gasturbinen, wie zum Beispiel Flugtriebwerke, umfassen in der Regel mehrere rotierende Laufschaufeln sowie mehrere feststehende Leitschaufeln, wobei die Laufschaufeln zusammen mit einem Rotor rotieren und wobei die Laufschaufeln sowie die Leitschaufeln von einem feststehenden Gehäuse der Gasturbine umschlossen sind. Zur Leistungssteigerung eines Flugtriebwerks ist es von Bedeutung, alle Komponenten und Subsysteme zu optimieren. Hierzu zählen auch die sogenannten Dichtsysteme in Flugtriebwerken. Besonders problematisch ist bei Flugtriebwerken die Einhaltung eines minimalen Spalts zwischen den rotierenden Laufschaufeln und dem feststehenden Gehäuse eines Hochdruckverdichters. Bei Hochdruckverdichtern treten nämlich die größten absoluten Temperaturen sowie Temperaturengradienten auf, was die Spalthaltung der rotierenden Laufschaufeln zum feststehenden Gehäuse des Verdichters erschwert. Dies liegt unter anderem auch darin begründet, dass bei Verdichterlaufschaufeln auf Deckbänder, wie sie bei Turbinen verwendet werden, verzichtet wird.

**[0003]** Wie bereits erwähnt, verfügen Laufschaufeln im Verdichter über kein Deckband. Daher sind Enden bzw. Spitzen der rotierenden Laufschaufeln beim sogenannten Anstreifen in das feststehende Gehäuse einem direkten Reibkontakt mit dem Gehäuse ausgesetzt. Ein solches Anstreifen der Spitzen der Laufschaufeln in das Gehäuse wird bei Einstellung eines minimalen Radialspalts durch Fertigungstoleranzen hervorgerufen. Da durch den Reibkontakt der Spitzen der rotierenden Laufschaufeln an denselben Material abgetragen wird, kann sich über den gesamten Umfang von Gehäuse und Rotor eine unerwünschte Spaltvergrößerung einstellen. Um dies zu vermeiden ist es aus dem Stand der Technik bereits bekannt, die Enden bzw. Spitzen der rotierenden Laufschaufeln mit einem harten Belag oder mit abrasiven Partikeln zu panzern.

**[0004]** Eine andere Möglichkeit, den Verschleiß an den Spitzen der rotierenden Laufschaufeln zu vermeiden und für eine optimierte Abdichtung zwischen den Enden bzw. Spitzen der rotierenden Laufschaufeln und dem feststehenden Gehäuse zu sorgen, besteht in der Beschichtung des Gehäuses mit einem sogenannten Einlaufbelag. Bei einem Materialabtrag an einem Einlaufbelag wird der Radialspalt nicht über den gesamten Umfang vergrößert, sondern in der

Regel nur sichelförmig. Hierdurch wird ein Leistungsabfall des Triebwerks vermieden. Gehäuse mit einem Einlaufbelag sind aus dem Stand der Technik bekannt.

## Aufgabenstellung

**[0005]** Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, einen neuartigen Einlaufbelag für Gasturbinen zu schaffen.

**[0006]** Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass der Eingangs genannte Einlaufbelag durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist.

**[0007]** Der erfindungsgemäße Einlaufbelag für Gasturbinen dient der Abdichtung eines radialen Spalts zwischen einem feststehenden Gehäuse der Gasturbine und rotierenden Laufschaufeln derselben. Der Einlaufbelag ist an dem Gehäuse angebracht. Erfindungsgemäß ist der Einlaufbelag aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff hergestellt.

**[0008]** Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung verfügt der Einlaufbelag aus dem Titan-Aluminium-Werkstoff über eine abgestufte oder gradierte Materialzusammensetzung und/oder Porosität. Besonders bevorzugt ist eine Ausgestaltung bei welcher der Einlaufbelag in einem inneren, unmittelbar benachbart zum Gehäuse liegenden Bereich und an einem äußeren, unmittelbar benachbart zu den Laufschaufeln liegenden Bereich weniger porös ausgebildet ist als zwischen diesen beiden Bereichen. Der Einlaufbelag ist an dem inneren, unmittelbar benachbart zum Gehäuse liegenden Bereich und an dem äußeren, unmittelbar benachbart zu den Laufschaufeln liegenden Bereich demnach dichter und härter ausgebildet. Der innere, unmittelbar benachbart zum Gehäuse liegende Bereich dient dabei der Haftvermittlung; der äußere, unmittelbar benachbart zu den Laufschaufeln liegende Bereich dient der Bereitstellung eines Erosionsschutzes.

**[0009]** Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Einlaufbelags ist im unabhängigen Patentanspruch 9 definiert.

**[0010]** Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

## Ausführungsbeispiel

**[0011]** Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

**[0012]** Fig. 1: eine stark schematisierte Darstellung



einer Laufschaufel einer Gasturbine zusammen mit einem Gehäuse der Gasturbine und mit einem auf dem Gehäuse angeordneten Einlaufbelag.

**[0013]** Fig. 1 zeigt stark schematisiert eine rotierende Laufschaufel 10 einer Gasturbine, die gegenüber einem feststehenden Gehäuse 11 in Richtung des Pfeils 12 rotiert. Auf dem Gehäuse 11 ist ein Einlaufbelag 13 angeordnet. Der Einlaufbelag 13 dient der Abdichtung eines radialen Spalts zwischen einer Spitze bzw. einem Ende 14 der rotierenden Laufschaufel 10 und dem feststehenden Gehäuse 11. Die Anforderungen, die an einen solchen Einlaufbelag gestellt werden, sind sehr komplex. So muss der Einlaufbelag ein optimiertes Abriebverhalten aufweisen, d.h. es muss eine gute Spanbildung und Entfernbarkeit des Abriebs gewährleistet sein. Weiterhin darf kein Materialübertrag auf die rotierenden Laufschaufeln 10 erfolgen. Der Einlaufbelag 13 muss des weiteren einen niedrigen Reibwiderstand aufweisen. Des weiteren darf sich der Einlaufbelag 13 beim Anstreifen durch die rotierenden Laufschaufeln 10 nicht entzünden. Als weitere Anforderungen, die an den Einlaufbelag 13 gestellt werden, seien hier die Erosionsbeständigkeit, Temperaturbeständigkeit, Thermowechselbeständigkeit, Korrosionsbeständigkeit gegenüber Schmierstoffen und Meerwasser exemplarisch genannt. Fig. 1 verdeutlicht, dass bedingt durch die beim Betrieb der Gasturbine auftretenden Fliehkräfte und die Erwärmung der Gasturbine die Enden 14 der Laufschaufeln 10 mit dem Einlaufbelag 13 in Kontakt kommen und so ein Abrieb 15 freigesetzt wird. Dieser pulverisierte Abrieb 15 darf keine Beschädigungen an den rotierenden Laufschaufeln 10 hervorrufen.

**[0014]** Bei dem in Fig. 1 schematisch dargestellten Gehäuse 11 handelt es sich nach dem bevorzugten Ausführungsbeispiel um das Gehäuse eines Hochdruckverdichters. Derartige Gehäuse von Hochdruckverdichtern bestehen zunehmend aus intermetallischen Werkstoffen vom Typ TiAl oder Ti<sub>3</sub>Al. Derartige intermetallische Titan-Aluminium-Werkstoffe verfügen über eine geringere Dichte und sind hinsichtlich der Temperaturfestigkeit herkömmlichen Titanlegierungen überlegen.

**[0015]** Es liegt nun im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, auf ein Gehäuse 11, das aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff hergestellt ist, einen Einlaufbelag 13 ebenfalls aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff aufzubringen. Es sei darauf hingewiesen, dass ein derartiger Einlaufbelag aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff auch auf einem Gehäuse aufgebracht sein kann, welches aus einer herkömmlichen Titanlegierung besteht.

**[0016]** Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung verfügt der Einlaufbelag 13 aus dem intermetalli-

schen Titan-Aluminium-Werkstoff über eine abgestufte, d.h. sich stufenweise ändernde, oder über eine gradierte, d.h. über eine sich nahezu stufenlos ändernde, Materialzusammensetzung und/oder Porosität. Durch die gezielte Einstellung der Materialzusammensetzung und/oder Porosität können die Eigenschaften des Einlaufbelags 13 an die konkreten Anforderungen desselben angepasst werden.

**[0017]** Nach einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Einlaufbelags 13 verfügt derselbe in einem inneren, unmittelbar zum Gehäuse 11 benachbarten Bereich 16 über eine geringe Porosität, ebenso wie in einem äußerem, unmittelbar zu den Laufschaufeln 10 benachbarten Bereich 17. Zwischen diesem inneren Bereich 16 und diesem äußerem Bereich 17 hingegen ist die Porosität des Einlaufbelags vergrößert. Der innere, unmittelbar am Gehäuse 11 anliegende Bereich 16 des Einlaufbelags 13 dient der Haftvermittlung zwischen Einlaufbelag 13 und Gehäuse 11. Der äußere, unmittelbar zu den Laufschaufeln 10 benachbarte Bereich 17 des Einlaufbelags 13 bildet einen Erosionsschutz. Je nach Anforderung an den Einlaufbelag 13 kann auf diesen Erosionsschutz jedoch auch verzichtet werden.

**[0018]** Das Verhältnis von Titan und Aluminium innerhalb des aus dem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff hergestellten Einlaufbelags 13 ist vorzugsweise annähernd konstant. Dies bedeutet, dass in diesem Fall ausschließlich die Porosität des Einlaufbelags 13 zur Beeinflussung der Härte und Festigkeit desselben abgestuft oder gradiert ist.

**[0019]** Es ist jedoch auch vorstellbar, dass das Verhältnis von Titan und Aluminium innerhalb des Einlaufbelags 13 abgestuft oder gradiert ist. In diesem Fall ist vorzugsweise im inneren, unmittelbar benachbart zum Gehäuse 11 liegenden Bereich 16 im Einlaufbelag 13 mehr Titan enthalten als im äußeren Bereich 17 des Einlaufbelags 13. Dies bedeutet, dass im äußeren Bereich 17 des Einlaufbelags 13 mehr Aluminium enthalten ist als im inneren Bereich 16 desselben, der an das Gehäuse 11 angrenzt.

**[0020]** Die Verwendung eines Einlaufbelags aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff auf einem Gehäuse, welches ebenfalls aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff oder einer Titanlegierung gebildet ist, verfügt über den Vorteil, dass die Anbindung des Einlaufbelags an das Gehäuse über chemische Bindungen erfolgt und damit die Anbindung sicherer und dauerhafter ist als bei Einlaufbelägen nach dem Stand der Technik. Weiterhin wird sich zwischen einem Einlaufbelag und einem Gehäuse, die über die gleiche Grundzusammensetzung verfügen, keine Hochtemperaturdiffusion zwischen Gehäuse und Einlaufbelag einstellen. Weiterhin gibt es keine thermischen Ausdehnungsproble-

me, da sich Gehäuse und Einlaufbelag bei Temperaturerhöhung bzw. Temperaturniedrigung gleichmäßig ausdehnen bzw. zusammenziehen. Dadurch kann eine gleichmäßigere Spalthaltung und eine höhere Lebensdauer des Einlaufbelags erzielt werden. Ein erfindungsgemäß ausgebildeter Einlaufbelag verfügt des weiteren über eine hohe Oxidationsbeständigkeit sowie hohe Thermowechselbeständigkeit. Die Schaufelspitzen der rotierenden Laufschaufeln unterliegen nur einem minimalen Schaufelspitzenabrieb.

**[0021]** Es liegt im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, den erfindungsgemäßen Einlaufbelag **13** dadurch herzustellen, dass der Einlaufbelag **13** in Form eines Schlickerwerkstoffs bereitgestellt wird und mithilfe der Schlickertechnik auf das Gehäuse **11** aufgetragen wird. Ein derartiger Schlickerwerkstoff auf Basis eines intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoffs wird vorzugsweise durch Pinseln, Tauchen oder Spritzen auf das Gehäuse **11** aufgetragen. Dies erfolgt vorzugsweise in mehreren Schritten bzw. Schichten, so dass sich ein mehrschichtiger Einlaufbelag **13** ausbildet.

**[0022]** Zur Einstellung der gewünschten Porosität in den jeweiligen Schichten werden in den Schlickerwerkstoff Zusatzmaterialien eingelagert. Nach dem Auftragen des Schlickerwerkstoffs erfolgt ein Aushärten bzw. Einbrennen des Schlickerwerkstoffs auf das Gehäuse **11**. Bei dem Einbrennen verdampfen die dem Schlickerwerkstoff zugesetzten Zusatzstoffe, wodurch die Poren innerhalb des Einlaufbelags **13** zurückbleiben. Durch die Anzahl und Art der zugesetzten Zusatzstoffe lässt sich die Porosität, nämlich die Anzahl und Größe der Poren, einstellen.

**[0023]** Alternativ kann der Einlaufbelag **13** auch dadurch hergestellt werden, dass derselbe mithilfe eines gerichteten Materiedampfstrahls aufgetragen wird. Ein derartiger gerichteter Materiedampfstrahl kann mithilfe eines PVD (Physical Vapor Deposition)-Verfahrens oder eines CVD (Chemical Vapor Deposition)-Verfahrens erzeugt werden. Kurz vor dem Auftreffen des gerichteten Materiedampfstrahls auf Basis eines intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoffs wird in den Materiedampfstrahl mindestens ein Zusatzstoff eingeschleust bzw. eingelagert, wobei diese Zusatzstoffe beim nachträglichen Einbrennen wiederum verdampft werden und dabei die Poren innerhalb der oder jeder Schicht des Einlaufbelags **13** hinterlassen.

**[0024]** Bei den Zusatzstoffen zur Einstellung der Porosität kann es sich um sogenannte Microballs, d.h. gefüllte oder hohle Kunststoffkügelchen, um Polystyrolkügelchen oder auch andere Materialien handeln, die beim Einbrennen des intermetallischen Titan-Aluminium-Materials verdampfen.

**[0025]** Sowohl mithilfe der Schlickertechnik als auch der PVD- bzw. CVD-Technik lässt sich der erfindungsgemäße Einlaufbelag besonders günstig herstellen.

#### Bezugszeichenliste

<b>10</b>	Laufschaufel
<b>11</b>	Gehäuse
<b>12</b>	Pfeil
<b>13</b>	Einlaufbelag
<b>14</b>	Ende
<b>15</b>	Abrieb
<b>16</b>	Bereich
<b>17</b>	Bereich

#### Patentansprüche

1. Einlaufbelag für Gasturbinen, zur Abdichtung eines radialen Spalts zwischen einem Gehäuse (**11**) der Gasturbine und rotierenden Laufschaufeln (**10**) derselben, wobei der Einlaufbelag (**13**) auf das Gehäuse (**11**) aufgebracht ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Einlaufbelag (**13**) aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff hergestellt ist.

2. Einlaufbelag nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Einlaufbelag (**13**) aus dem Titan-Aluminium-Werkstoff über eine abgestufte oder gradierte Materialzusammensetzung und/oder Porosität verfügt.

3. Einlaufbelag nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Einlaufbelag (**13**) aus dem Titan-Aluminium-Werkstoff an einem dem Gehäuse (**11**) zugewandten Bereich weniger porös ausgebildet ist als an einem den rotierenden Laufschaufeln (**10**) zugewandten Bereich.

4. Einlaufbelag nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Einlaufbelag (**13**) in einem inneren, unmittelbar benachbart zum Gehäuse (**11**) liegenden Bereich und an einem äußeren, unmittelbar benachbart zu den Laufschaufeln (**10**) liegenden Bereich weniger porös ausgebildet ist als zwischen diesen beiden Bereichen.

5. Einlaufbelag nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis von Titan und Aluminium innerhalb des Einlaufbelags (**13**) annähernd konstant ist, wobei ausschließlich die Porosität zur Einstellung einer Dichte und/oder Härte und/oder Festigkeit desselben abgestuft oder gradiert ist.

6. Einlaufbelag nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass auch das Verhältnis von Titan und Aluminium innerhalb des Einlaufbelags (**13**) abgestuft oder gradiert

ist, wobei der Einlaufbelag (13) an einem den rotierenden Laufschaufeln (10) zugewandten Bereich mehr Aluminium enthält als an einem dem Gehäuse (11) zugewandten Bereich.

7. Einlaufbelag nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Einlaufbelag (13) aus dem Titan-Aluminium-Werkstoff auf einem Gehäuse (11) aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff aufgebracht ist.

8. Einlaufbelag nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Einlaufbelag (13) aus dem Titan-Aluminium-Werkstoff unmittelbar auf dem Gehäuse (11) aus Titan-Aluminium-Werkstoff aufgebracht ist.

9. Verfahren zur Herstellung eines Einlaufbelags für Gasturbinen, zur Abdichtung eines radialen Spalts zwischen einem Gehäuse (11) der Gasturbine und rotierenden Laufschaufeln (10) derselben, wobei der Einlaufbelag (13) auf dem Gehäuse (11) angebracht wird, mit folgenden Schritten:

- a) Bereitstellen eines Gehäuses (11),
- b) Aufbringen des Einlaufbelags (13) aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff auf das Gehäuse.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Einlaufbelag (13) aus dem Titan-Aluminium-Werkstoff derart aufgebracht wird, dass derselbe über eine abgestufte oder gradierte Materialzusammensetzung und/oder Porosität verfügt.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Einlaufbelag (13) aus dem Titan-Aluminium-Werkstoff derart aufgebracht wird, dass derselbe an einem dem Gehäuse (11) zugewandten Bereich weniger porös ausgebildet ist als an einem den rotierenden Laufschaufeln (10) zugewandten Bereich.

12. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Einlaufbelag (13) aus dem Titan-Aluminium-Werkstoff auf einem Gehäuse (11) aus einem intermetallischen Titan-Aluminium-Werkstoff aufgebracht wird.

13. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass im Zusammenhang mit Schritt b) der Einlaufbelag (13) derart auf das Gehäuse (11) aufgebracht wird, dass hierzu mindestens eine Schicht eines Titan-Aluminium-Schlickerwerkstoffs aus das Gehäuse (11) aufgetragen wird, wobei anschließend die oder jede Schicht des Titan-Aluminium-Schlickerwerkstoffs durch Einbrennen ausgehärtet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch ge-

kennzeichnet, dass in die oder jede Schicht des Titan-Aluminium-Schlickerwerkstoffs Zusatzstoffe eingelagert werden, wobei diese Zusatzstoffe beim Einbrennen verdampft werden und dabei die Poren innerhalb der oder jeder Schicht des Einlaufbelags (13) hinterlassen.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass die oder jede Schicht des Titan-Aluminium-Schlickerwerkstoffs durch Pinseln, Tauchen oder Spritzen aufgetragen wird.

16. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass im Zusammenhang mit Schritt b) der Einlaufbelag (13) derart auf das Gehäuse (11) aufgebracht wird, dass hierzu mindestens eine Titan-Aluminium-Schicht mit Hilfe eines gerichteten Materiedampfstrahls, insbesondere eines PVD-Materiestrahls, auf das Gehäuse (11) aufgetragen wird, wobei anschließend die oder jede Schicht des Materiedampfstrahls durch Einbrennen ausgehärtet wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass kurz vor dem Auftreffen des gerichteten Titan-Aluminium-Materiedampfstrahls Zusatzstoffe in den Titan-Aluminium-Materiedampfstrahl eingeschleust werden, wobei diese Zusatzstoffe beim Einbrennen verdampft werden und dabei die Poren innerhalb der oder jeder Schicht des Einlaufbelags (13) hinterlassen.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

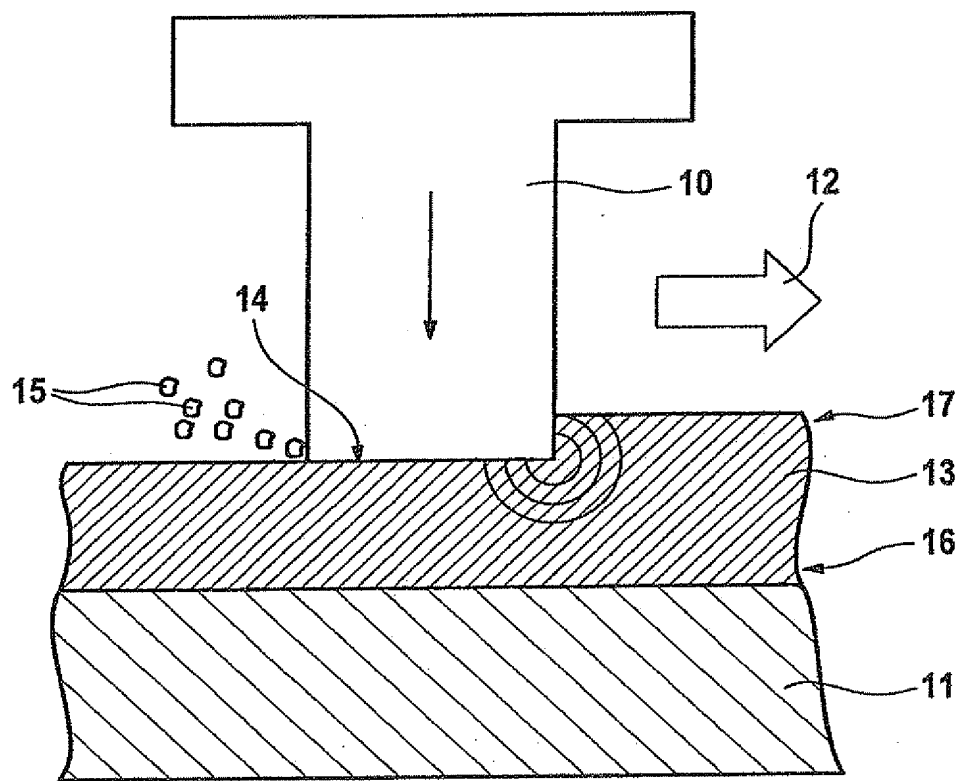


Fig. 1